

Pengaruh Dimensi Kumputan Terhadap Efisiensi Energi Pada Sistem Pengiriman Daya Listrik Tanpa Kabel

Syaifurrahman

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Tanjungpura Pontianak
e-mail: syaifurrahman@teknik.untan.ac.id

Abstract– Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dimensi kumparan terhadap efisiensi pada sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel, selain mengkaji hubungan antara jarak pengukuran antara bagian pengirim dengan bagian penerima terhadap efisiensi energi. Penelitian listrik tanpa kabel ini menitikberatkan pada sebuah kumparan pengirim yang dihubungkan dengan rangkaian pembangkit frekuensi dan menghasilkan medan elektromagnet / induksi magnetik di sekitar kumparan tersebut. Medan elektromagnet dapat dikonversi menjadi energi listrik jika ditangkap oleh kumparan penerima yang berada disekitar medan tersebut. Tegangan listrik akan muncul pada ujung-ujung konduktor dari kumparan penerima. Kumparan penerima dibuat dalam berbagai ukuran dan dimensi agar dapat diketahui dimensi kumparan yang sesuai untuk frekuensi tertentu pada pengiriman daya tanpa kabel.

Berdasarkan hasil pengujian proses pengiriman daya listrik tanpa kabel, besar kecil tegangan dan arus yang dihasilkan pada kumparan penerima sangat tergantung dari jarak antara kumparan pengirim dan kumparan penerima. Efisiensi energi tertinggi pada pengiriman tanpa kabel sebesar 76% untuk diameter kawat 1mm, diameter kumparan 9cm dan 20 lilitan

Keywords– dimensi , kumparan, Efisiensi energi

1. Pendahuluan

Pengiriman daya listrik tanpa kabel merupakan sistem penyaluran energi listrik dengan media transmisinya adalah udara. Sistem Pengiriman daya tanpa kabel terdiri dari dua bagian, yaitu sebuah sumber energi listrik sebagai transmitter (Pengirim) dan beban listrik sebagai receiver (penerima). Satu sumber energi listrik dapat digunakan untuk lebih dari satu beban listrik sehingga daya listrik yang diserap lebih kecil karena hanya menggunakan satu sumber energi listrik .

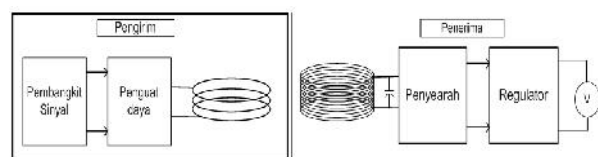
Transfer energy nirkabel pertama kali dilakukan oleh Nikola Tesla [1], yang melakukan demonstrasi transfer energy menggunakan kumparan tembaga pada awal tahun 1900. Transfer energy nirkabel terdiri dari tiga katagori, yaitu transfer jarak dekat, menengah dan jauh. Penelitian-penelitian saat ini banyak dilakukan pada transfer energy jarak dekat dan menengah [2]-[5], karena lebih mudah diaplikasikan. Pengiriman daya listrik tanpa kabel menggunakan metode kopling

magnetik/induktif dan memanfaatkan fenomena resonansi dari medan elektromagnetik. Ketika kopling magnetik/ induktif digunakan untuk transfer energy menggunakan prinsip resonansi. Pengirim dan penerima pada kopling diset pada frekuensi tertentu dan mengubah sinyal listrik dari sinusoidal menjadi transient non sinusoidal.

Daya atau energi dikirimkan dengan jumlah gelombang yang banyak atau frekuensi tinggi. hal ini bertujuan untuk pengiriman energi dengan jarak yang lebih besar beberapa kali dari pemancar. Bagian penting dalam pembangkitan medan elektromagnetik adalah penggunaan kumparan baik pada bagian pengirim maupun pada bagian penerima. Pada penelitian ini akan di rancang berbagai jenis dimensi dan ukuran kumparan khususnya pada bagian penerima dengan maksud untuk melihat sejauh mana kemampuan kumparan penerima mengubah gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik.

2. Rangkaian Pengirim Dan Penerima

Sistem pengiriman Daya tanpa kabel terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian Pengirim dan bagian penerima. Bagian pengirim berperan membangkitkan gelombang elektromagnetik atau induksimagnetik, sedangkan bagian penerima menerima gelombang elektromagnetik menjadi tegangan listrik bolak balik .



Gambar 1. Diagram Blok sistem pengiriman daya tanpa kabel

Rangkaian pengirim terdiri dari osilator, penguat daya, dan kumparan pengirim (lihat Gb.1). Rangkaian Penerima menangkap energi dari medan elektromagnetik yang dibangkitkan oleh rangkaian pengirim. Untuk dapat menerima energi sebanyak-banyaknya maka kumparan penerima dilengkapi dengan resonansi kapasitor. Kumparan penerima dapat dibuat dari beberapa lilitan kawat tembaga. Untuk menghasilkan tegangan searah dc pada bagian penerima, maka listrik bolak-balik yang diterima oleh kumparan penerima perlu disearahkan menggunakan rangkaian penyearah (rectifier) agar menghasilkan luaran tegangan searah. Tegangan searah kemudian diberikan ke

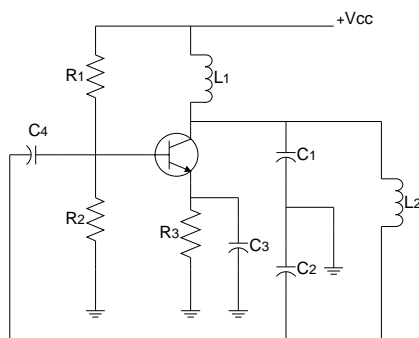
regulator yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran.

3. Pembangkit Frekuensi [8]

Osilator adalah rangkaian elektronik yang dapat menghasilkan tegangan keluaran bolak balik (*alternating current*) dengan frekuensi tertentu. Untuk membuat osilator dibutuhkan penguat umpan balik positif, gagasannya ialah menggunakan sinyal umpan balik sebagai sinyal masukan. Sebuah osilator adalah sebuah penguat yang telah diubah dengan umpan balik positif sehingga dapat dimanfaatkan untuk memberikan sinyal masuk. Osilator Colpitts merupakan salah satu jenis osilator yang baik digunakan untuk pembangkit gelombang sinus pada jangkauan frekuensi antara 10kHz hingga 10MHz. Osilator ini menggunakan rangkaian tertala LC dengan umpan balik positif melalui suatu pembagi tegangan kapasitif dari rangkaian tertala.

Osilator colpitts merupakan salah jenis osilator yang menerapkan rangkaian prategangan pembagi tegangan yang menetapkan titik operasi tenang. Dengan demikian rangkaian ini mempunyai penguat tegangan dengan frekuensi rendah.

Gambar 2. memperlihatkan rangkaian osilator colpitts yang digunakan.



Gambar 2. Rangkaian Osilator Colpitts

Kapasitor C3 merupakan kopling keluaran sinyal AC yang dikembalikan ke rangkaian tangki L1 C1 C2, berupa umpan balik positif. Tegangan yang terjadi pada kapasitor C1 merupakan tegangan umpan balik yang diberikan ke basis transistor Q1. Kemudian sinyal AC akan dikuatkan oleh transistor Q1, bias basis Q1 dihasilkan oleh R1 dan R2. Tegangan bias R1 dan R2 berfungsi mengatur titik operasi transistor Q1. Rangkaian LC paralel dibentuk dari gulungan L1 dan kapasitor C1, C2. Kedua kapasitor ini secara seri berfungsi seperti sebuah kapasitor tunggal selama resonansi LC. Cabang tengah kedua kapasitor merupakan jalur umpan balik terhadap emitor transistor melalui ground. Jika nilai kedua kapasitor tersebut sama, kapasitansi efektif total dalam jaringan LC akan sama dengan setengah nilai masing-masing secara terpisah. Jika nilai kedua kapasitor ini tidak sama, maka nilai kapasitansi total didapatkan $1/CT = 1/C1 + 1/C2$.

Osilator colpitt dapat menghasilkan gelombang sinus yang sempurna yaitu mempunyai amplitudo konstan dan frekuensi stabil

Frekuensi resonansi yang terjadi pada keluaran osilator dapat dinyatakan dengan persamaan

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C}} \quad 1$$

Kapasitansi yang digunakan pada persamaan ini adalah kapasitansi ekuivalen yang dilalui arus simpal tertutup. Dalam bejana collpits pada gambar 3, arus yang mengalir melalui C1 seri dengan c2. Jadi kapasitansi ekuivalen adalah

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad 2$$

4. Metode Penelitian

Bagian penting dalam sistem pengiriman tanpa kabel adalah kumparan pengirim dan penerima. Kumparan pengirim berfungsi mengubah sinyal bolak-balik ac dari rangkaian osilator menjadi medan elektromagnetik sekitar kumparan, kumparan penerima mengubah medan elektromagnetik menjadi sumber tegangan ac. Pada penelitian ini kumparan pengirim dibuat dalam satu ukuran, yaitu dibuat dengan kawat email ukuran 1,7 mm, dua lilitan dan diameter lingkaran 8 cm. Kumparan penerima dibuat dalam berbagai ukuran yang berbeda (gambar 2), mulai dari diameter kawat, diameter lingkaran maupun jumlah lilitan seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Dimensi kumparan yang diuji

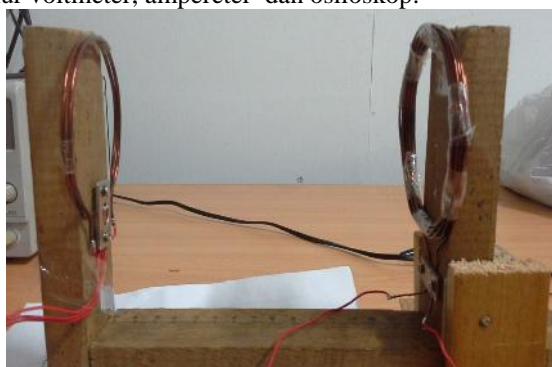
Kumparan	Diameter kawat (mm)	Diameter kumparan (mm)	Jumlah lilitan
1	0,3	3	10
2	0,3	9	20
3	0,7	3	10
4	0,7	9	20
5	1	3	10
6	1	3	20
7	1	9	20



Gambar 2. Kumparan Penerima

Kumparan pengirim diletakkan pada bagian yang diam (tidak dapat digerakkan), dan kumparan penerima diletakkan pada bagian yang dapat bergerak sehingga dapat digeser kekanan atau kekiri. Dengan menggeser kumparan penerima akan diperoleh jarak yang berbeda dan hubungan jarak terhadap daya pancar dari sistem pengiriman daya tanpa kabel dapat diperoleh. Pada

bagian ujung dari kumparan dihubungkan dengan alat ukur voltmeter, ampereter dan osiloskop.



Gambar 3. Metode pengukuran daya pancar terhadap jarak

Pengukuran pertama dilakukan pada jarak 0 cm dimana kumparan penerima dan pengirim tidak ada jarak. Besaran listrik yang diukur berupa arus input dan tegangan input pada rangkaian pengirim serta arus output dan tegangan output pada rangkaian penerima. Selanjutnya geser rangkaian penerima pada jarak 1 cm dan lakukan pengukuran seperti sebelumnya. Hitung daya input dan daya output dari hasil pengukuran tersebut serta hitung juga efisiensi yang di hasilkan.

5. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengukuran arus dan tegangan pada setiap kumparan berbeda dimensi dengan jarak yang bervariasi. Hasil pengukuran terhadap rangkaian pengirim menunjukkan frekuensi osilasi yang dibangkitkan oleh rangkaian osilator sebesar 2,5 MHz, dengan arus tarikan/input normal (tanpa rangkaian penerima) sekitar 200 mA untuk tegangan catu daya 12 V. Spesifikasi kumparan pengirim mempunyai diameter kawat 1,8 mm dan diameter kumparan 8 cm dan 2 lilitan.

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan dan arus untuk diameter kawat 1mm, diameter kumparan 3cm dan 10 lilitan

Jarak (Cm)	Arus Input (mA)	Daya Input (mWatt)	Arus Output (mA)	Teg. Output (Volt)	Daya Output (mWatt)	Ket
0	204,40	2.452,80	88,10	10,33	910,073	37%
1	202,70	2.432,40	72,80	8,51	619,528	25%
2	200,80	2.409,60	49,00	6,20	303,8	13%
3	199,30	2.391,60	27,97	4,24	118,5928	5%
4	198,70	2.384,40	16,36	2,83	46,2988	2%
5	198,20	2.378,40	7,80	1,83	14,274	1%
6	197,90	2.374,80	3,57	1,25	4,4625	0%
7	198,20	2.378,40	1,19	0,86	1,0234	0%
8	198,20	2.378,40	0,21	0,58	0,1218	0%
9	198,20	2.378,40	0,00	0,41	0	0%
10	198,30	2.379,60	0,00	0,36	0	0%
11	198,40	2.380,80	0,00	0,28	0	0%
12	198,20	2.378,40	0,00	0,21	0	0%
13	198,70	2.384,40	0,00	0,15	0	0%
14	198,70	2.384,40	0,00	0,11	0	0%
15	198,60	2.383,20	0,00	0,09	0	0%
16	198,80	2.385,60	0,00	0,07	0	0%

Ada 24 kumparan penerima dengan berbagai macam ukuran yang diuji/diukur, dari semua hasil pengukuran menunjukkan perilaku yang sama. Pada bagian pembahasan ini hanya ditampilkan dua buah hasil pengukuran terhadap seperti diperlihatkan pada tabel 1. Dan tabel 2.

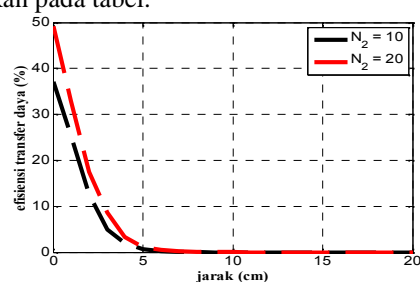
Tabel 2 Hasil pengukuran tegangan dan arus untuk diameter kawat 1mm, diameter kumparan 9cm dan 20 lilitan

Jarak (Cm)	Arus Input (mA)	Daya Input (mWatt)	Arus Output (mA)	Teg Output (Volt)	Daya Output (mWatt)	Ket
0	206,60	2.479,20	28,68	65,50	1878,54	76%
1	200,80	2.409,60	20,36	46,50	946,74	39%
2	201,70	2.420,40	15,06	35,06	528,0036	22%
3	200,50	2.406,00	10,96	25,75	282,22	12%
4	200,80	2.409,60	8,27	19,77	163,4979	7%
5	200,70	2.408,40	6,34	15,32	97,1288	4%
6	200,90	2.410,80	4,96	12,12	60,1152	2%
7	200,10	2.401,20	3,92	9,65	37,828	2%
8	200,20	2.402,40	3,15	7,78	24,507	1%
9	200,00	2.400,00	2,52	6,24	15,7248	1%
10	199,50	2.394,00	2,06	5,12	10,5472	0%
11	199,30	2.391,60	1,72	4,28	7,3616	0%
12	199,50	2.394,00	1,41	3,50	4,935	0%
13	199,20	2.390,40	1,19	3,00	3,57	0%
14	199,60	2.395,20	1,00	2,50	2,5	0%
15	199,60	2.395,20	0,85	2,14	1,819	0%
16	199,50	2.394,00	0,72	1,90	1,368	0%

Tabel 1 memperlihatkan hasil pengukuran terhadap kumparan dengan diameter kawat 1mm, diameter kumparan 3cm dan 20 lilitan. Pada jarak pengukuran 0 cm, tegangan keluaran tertinggi yang dihasilkan sebesar 10,33 V dengan arus keluaran 88,10 mA dan arus masukan 204,4 mA, besar tegangan dan arus ini akan berubah seiring perubahan jarak. Semakin jauh jarak pengukuran yang dilakukan besar tegangan dan arus yang dihasilkan semakin menurun, hingga pada jarak 9 cm tegangan keluarannya terukur 0,4 V dan arus keluaran sudah tidak terukur. Tabel 1 juga memperlihatkan besar daya yang dihasilkan, daya diperoleh dari hasil perkalian arus dan tegangan. Daya input hasil perkalian arus masukan dan tegangan supply, daya keluaran hasil perkalian arus keluaran dan tegangan keluaran. Daya tertinggi diperoleh pada jarak 0 cm sebesar 910,073 mW.

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengukuran untuk kumparan penerima dengan diameter kawat 1mm, diameter kumparan 9cm dan 20 lilitan. Dari hasil pengukuran diperoleh daya keluaran maksimum 1878,54 mW lebih besar dari daya keluaran untuk kumparan tabel 1 sebesar 910,073 mW atau efisiensi energi yang dihasilkan sebesar 76%.

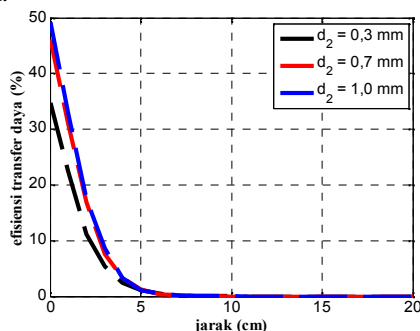
Teknologi pengiriman daya tanpa kabel ini masih pada tahap pengujian yang menekan pada munculnya daya pada rangkaian penerima. Efisiensi yang dihasilkan pada teknologi ini masih tergolong rendah dan jarak yang relatif dekat. Ada dua grafik yang di sajikan pada pembahasan ini berkaitan dengan efisiensi yang dihasilkan pada tabel.



Gambar 4. Hubungan Efisiensi dan jarak pengukuran terhadap dua kumparan berbeda lilitan (diameter kumparan (D2) = 3cm dan diameter kawat (d2) = 1mm)

Grafik pada gambar 4 memperlihatkan hubungan antara jarak pengukuran kumparan pengirim dan penerima terhadap efisiensi yang dihasilkan dari dua buah kumparan penerima dengan ukuran diameter yang sama dan jumlah lilitan yang berbeda.

Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa kumparan dengan jumlah lilitan 20 menghasilkan efisiensi 50 % lebih tinggi dari efisiensi kumparan 10 lilitan yang sebesar 38% pada jarak 0 cm selama pengujian. Efisiensi ini akan menurun seiring dengan bertambahnya jarak antara kumparan pengirim dan penerima. Efisiensi mencapai angka nol % pada saat jarak yang diberikan di atas 5 cm.



Gambar 5. Hubungan Efisiensi dan jarak pengukuran terhadap tiga kumparan berbeda diameter kawat (diameter kumparan (D_2) = 3cm, jumlah lilitan (N_2) = 20)

Grafik pada gambar 5 memperlihatkan hubungan antara jarak pengukuran kumparan pengirim dan penerima terhadap efisiensi yang dihasilkan dari tiga buah kumparan dengan ukuran diameter kumparan sama, jumlah lilitan sama dan diameter kawat berbeda. Pada grafik gambar 5 dapat diamati bahwa pada jarak 0 cm kumparan dengan diameter kawat 1,0 mm menghasilkan efisiensi yang paling tinggi sebesar 50 % dibandingkan kumparan dengan diameter 0,7 mm dan 0,3 mm. Kumparan dengan diameter 0,7 mm menghasilkan efisiensi maksimum sebesar 46 % dan kumparan berdiameter 0,3 mm menghasilkan efisiensi maksimum sebesar 35 % pada jarak 0 cm. Nilai Efisiensi dari ketiga kumparan akan menurun dengan semakin bertambahnya jarak pengukuran antara kumparan pengirim dan penerima. Dari pengukuran terhadap ketiga kumparan efisiensi mendekati 0% pada jarak diatas 5 cm.

Berdasarkan pengamatan terhadap grafik gambar 1 dan 2 bahwa kumparan dengan jumlah lilitan 20 dan diameter kawat 1 mm memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran kumparan yang lain. Namun demikian nilai efisiensi mendekati nol untuk ketiga kumparan pada jarak sekitar 5 cm.

6. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil pengujian proses pengiriman daya listrik tanpa kabel dapat dilakukan dengan memanfaatkan induksi magnetik.
- Besar kecil tegangan dan arus yang dihasilkan sangat tergantung dari jarak antara kumparan pengirim dan kumparan penerima

- Untuk kumparan dengan diameter kawat 1mm, diameter kumparan 3cm dan 10 lilitan Daya maksimum yang dapat dihasilkan sebesar 910,073 mW
- Untuk kumparan dengan diameter kawat 1mm, diameter kumparan 9cm dan 20 lilitan Daya maksimum yang dapat dihasilkan sebesar 1875,54 mW

Referensi

- [1] N.Tesla, 1914, Apparatus for transmitting electrical energy, U.S. paten nomor 1,119,732
- [2] G. Vandevoorde, and R. Puers, 2001, Wireless energy transfer for standalone systems: a comparison between low and high energy applicability, Elsevier, Sensors and Actuators A: Physical ,vol. 92, no. 1-3.
- [3] J. Choi dan C. Seo, 2010, High efficiency wireless energy transmission using magnetic resonance based on metamaterial with relative permeability equal to 1, Electromagnetics Research, vol.106, no. 33
- [4] S. J.Mazlouman, A.Mahanfar, danB.Kaminska, 2009, Mid-range wireless energy transfer using inductive resonance for wireless sensors, IEEEInt. Conf. Computer Design ICCD 2009.
- [5] J. Park, Y.Tak,dan Y. Kim, danS. Nam, 2011, Investigation of adaptive matching methods for near-field wireless power transfer, IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 59, no.5.
- [6] D. Fang,1994, Handbook of electrical galculations, Science and Technology Press, Shandong.
- [7] P. A. Valberg, T. E. van Deventer, danM. H.Repacholi, 2007, Workgroup report: Basestations and wire-less network radio frequency (rf) exposures and health consequences,Environmental Health Perspectives 115, no. 3.
- [8] Malvino, Barmawi, Prinsip-Prinsip Elektronika Jilid 1 dan 2, 1992, Erlangga.

Biografi

Syaifurrahman, Lahir di Pontianak pada tanggal 21 September 1970 Gelar S-1 diperoleh dari Universitas Tanjungpura (UNTAN) Pontianak pada tahun 1994 Tahun 1997 menyelesaikan program magister (S-2) dalam bidang Teknik Elektro dari Institut Teknologi Bandung. Sejak tahun 1994 hingga sekarang menjadi staf pengajar pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Untan. Jabatan akademis saat ini adalah sebagai anggota Laboratorium Elektroteknika Dasar Jurusan Teknik Elektro Untan. Bidang keahlian yang diminati, pengukuran listrik, elektronika, dan power elektronik.

